

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-269198

(43)Date of publication of application : 29.09.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065

C23C 16/505

C23F 4/00

H01L 21/205

H01L 21/31

H05H 1/46

(21)Application number : 11-076580

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 19.03.1999

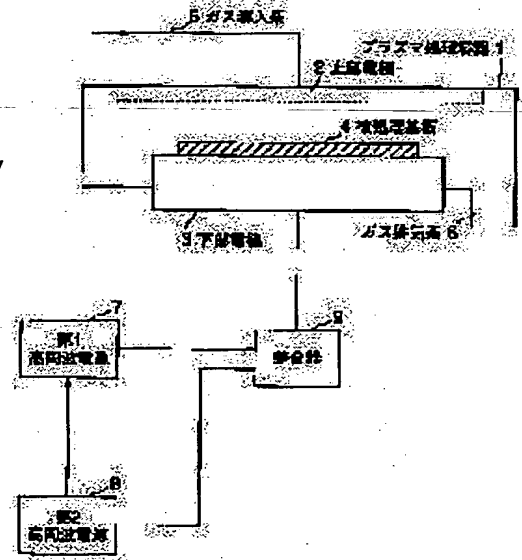
(72)Inventor : TOMIOKA KAZUHIRO

(54) METHOD AND APPARATUS FOR PLASMA TREATMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To execute plasma treatment at a high speed and with accuracy.

SOLUTION: An upper electrode 2 and a lower electrode 3 disposed counterposed inside of a plasma treatment vessel 1, a first high-frequency power source 7 supplying the lower electrode 3 with the power having an output waveform of a low-frequency component which has positive and negative cycles and a second high-frequency power source 8 supplying the lower electrode 3 with power having the output waveform of high-frequency components, are provided. The power is supplied to the lower electrode 3 with the high-frequency components of the second high-frequency power source 8 synchronized with the negative cycle of the low-frequency component of the first high-frequency power source 7.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-269198
(P 2 0 0 0 - 2 6 9 1 9 8 A)
(43) 公開日 平成12年9月29日 (2000.9.29)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
H01L 21/3065		H01L 21/302	C 4K030
C23C 16/505		C23C 16/50	B 4K057
C23F 4/00		C23F 4/00	A 5F004
H01L 21/205		H01L 21/205	5F045
21/31		21/31	C
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全7頁) 最終頁に続く			

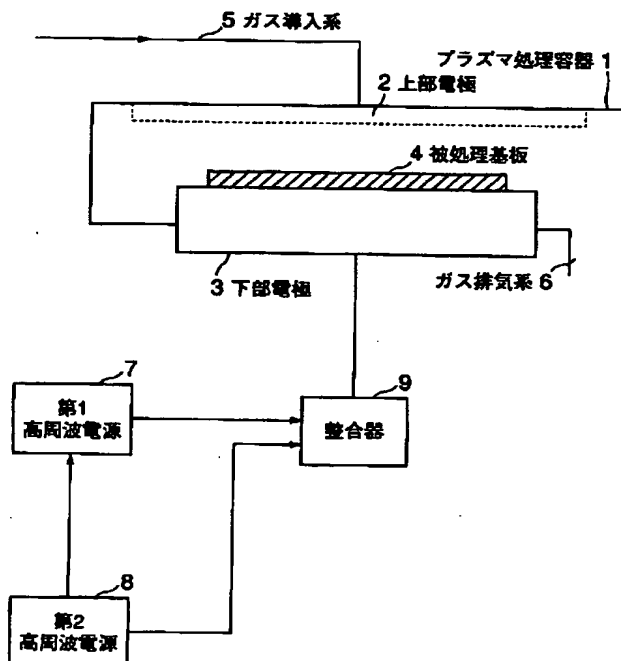
(21) 出願番号	特願平11-76580	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(22) 出願日	平成11年3月19日 (1999.3.19)	(72) 発明者	富岡 和広 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株 式会社東芝横浜事業所内
		(74) 代理人	100058479 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理方法及びプラズマ処理装置

(57) 【要約】

【課題】 高速かつ高精度のプラズマ処理を可能とする。

【解決手段】 プラズマ処理容器1内に対向して配置された上部電極2及び下部電極3と、正サイクルと負サイクルを有する低周波成分の出力波形を有する電力を下部電極3に供給する第1高周波電源7と、高周波成分の出力波形を有する電力を下部電極3に供給する第2高周波電源8とを具備してなり、第2高周波電源8の高周波成分を第1高周波成分7の低周波成分の負サイクルに同期させて下部電極3に電力を供給する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 処理室内に対向して配置された上部電極及び下部電極の双方又はいずれか一方に高周波電力を印加することにより生じたプラズマにより前記下部電極上に載置される被処理基体に対して所定の処理を施すプラズマ処理方法において、

正サイクルと負サイクルを有する低周波成分と、高周波成分とを有する少なくとも2種類の周波数を重畳して前記高周波電力を生成し、前記低周波成分の負サイクルに前記高周波成分を同期させて前記電極に印加することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項2】 前記重畳高周波電力の低周波成分は、20kHz以上400kHz以下であり、かつ高周波成分は10MHz以上70MHz以下であることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理方法。

【請求項3】 処理室内に対向して配置された一対の電極と、

正サイクルと負サイクルを有する低周波成分の出力波形を有する電力を前記電極に供給する第1の電源と、高周波成分の出力波形を有する電力を前記電極に供給する第2の電源とを具備してなり、前記第2の電源の高周波成分を前記第1の電源の低周波成分の負サイクルに同期させて前記電極に電力を供給することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項4】 前記重畳高周波電力の低周波成分は、20kHz以上400MHz以下であり、該電力の高周波成分は10MHz以上70MHz以下であることを特徴とする請求項3に記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高周波電力により発生せしめたプラズマにより被処理基体に所定の処理を施すプラズマ処理方法及びプラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子の高密度化に伴い、素子同士を接続する微細な配線を形成するためのエッチング・プロセスにますます高度な技術が要求されている。次世代の1ギガビットDRAMの世代において、上下の配線間を導電物を埋め込んで接続するビア・ホールを形成するためには、配線層間膜である1~2 μ mのシリコン酸化膜に直径0.15~0.12 μ mのごく微細な穴径を開孔する必要がある。このような高アスペクト比（層間膜の膜厚と穴径の比）のエッチングを従来使用されている平行平板型エッチング装置で行う場合には様々な問題があった。その一つにチャージングによる形状不良がある。

【0003】図5は従来のエッチング装置の概略構成図である。プラズマ処理容器1内には上部電極2と下部電極3が対向配置されている。この下部電極3上には被処理基板4が載置される。また、プラズマ容器1はガスを

導入するガス供給系5を備えている。このガス供給系5からガスを導入しながら、高周波電源41が作り出す高周波電力を整合器42を経由して下部電極3に与え、プラズマ処理容器1内にプラズマを発生させる。

【0004】図6は図5に示すプラズマ処理装置を用いた場合に発生するチャージングによる形状の異常を説明した図である。被処理基板4は基板51と、この基板51上に選択的に形成された層間膜52と、この層間膜52上に形成されたレジスト層53からなる。この被処理基板4とプラズマの間にはシース領域が形成される。シース領域では、電子は減速されるためレジスト層53や層間膜52の上方に付着する。そのため、エッチングに関与する正イオンは曲げられ、垂直なエッチング形状を得るのが困難になったり、層間膜52の途中でエッチングが止まってしまう現象が発生したりすることがあった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】以上説明したように従来のエッチング装置では、エッチングに関与する正イオンは曲げられ、垂直なエッチング形状を得るのが困難になったり、層間膜の途中でエッチングが止まってしまう現象が発生したりすることがあった。

【0006】本発明は上記課題を解決するためになされたもので、その目的とするところは、高速かつ異方性の高いプラズマ処理を可能とするプラズマ処理方法及びプラズマ処理装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に係るプラズマ処理方法は、処理室内に対向して配置された上部電極及び下部電極の双方又はいずれか一方に高周波電力を印加することにより生じたプラズマにより前記下部電極上に載置される被処理基体に対して所定の処理を施すプラズマ処理方法において、正サイクルと負サイクルを有する低周波成分と、高周波成分とを有する少なくとも2種類の周波数を重畳して前記高周波電力を生成し、前記低周波成分の負サイクルに前記高周波成分を同期させて前記電極に印加することを特徴とする。

【0008】また、本発明の請求項3に係るプラズマ処理装置は、処理室内に対向して配置された一対の電極と、正サイクルと負サイクルを有する低周波成分の出力波形を有する電力を前記電極に供給する第1の電源と、高周波成分の出力波形を有する電力を前記電極に供給する第2の電源とを具備してなり、前記第2の電源の高周波成分を前記第1の電源の低周波成分の負サイクルに同期させて前記電極に電力を供給することを特徴とする。

【0009】本発明の望ましい形態を以下に示す。

【0010】(1)前記重畳高周波電力の低周波成分は、10kHz以上1MHz以下で望ましくは20kHz以上400kHz以下、かつ高周波成分は3MHz以上110MHz以下で望ましくは10MHz以上70M

Hz 以下である。さらに望ましくは、低周波成分は 10 kHz 以下である。

【0011】(2) 少なくとも 2 つの高周波電源は、単一の下部電極に接続される。

【0012】(3) 電極に印加する高周波電源の出力波形は、正のサイクルに対して負のサイクルの期間の方が長い。

【0013】(4) 電極に印加する高周波電源の出力波形のうち、正のサイクルの期間を 50 マイクロ秒以上 500 マイクロ秒以下、負のサイクルの期間を 200 マイクロ秒以上 10 ミリ秒以下である。

【0014】(5) 電極に印加する高周波電源の出力のうち、正のサイクルの電圧を 50 V 以上 200 V 以下、負のサイクルの電圧を -500 V 以上 -10 V 以下とする。

【0015】(作用) 本発明では、プラズマ処理容器内の一对の電極に、少なくとも 2 つの高周波電源からそれぞれ異なる周波数で発振する重畳高周波電力を印加する。この重畳高周波電力のうち、低周波成分の出力波形は正サイクルと負サイクルを有し、この負サイクルに高周波成分を同期させて電極に印加する。これにより、被処理基体が載置された下部電極に低周波成分の正サイクルが印加されているタイミングが確保され、効率よく電子が被処理基体に入射するとともに、プラズマ中に生成される負イオンも同時に被処理基体に入射する。また、次の負のサイクルで、プラズマ処理に適した正イオンや中性粒子が被処理基体に入射する。従って、プラズマ処理における異方性を高くすることができる。

【0016】例えばホール状のパターンをエッチングする場合には、負イオンの入射によりホール底まで電子及び負イオンが供給される。従って、このタイミングの後に下部電極が負サイクルの高周波成分が印加された場合に、正イオンはホール底まで到達することができ、シース領域の存在によりホールの側壁に付着した電子又は負イオンとのクーロン力の影響が抑制される。従って、より垂直形状に高速エッチングが可能になる。

【0017】また、例えば CVD に用いる場合には、反応ガスの飛来方向の異方性を高くすることができるため、下地パターンの狭いギャップに対する埋め込みを良好に行うことができる。

【0018】

【発明の実施の形態】 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。

【0019】(第 1 実施形態) 図 1 は本発明の第 1 実施形態に係るプラズマ処理装置の模式的構成図である。

【0020】図 1 に示すように、プラズマ処理容器 1 の上端内壁には、上部電極 2 が配設されている。また、プラズマ処理容器 1 内には、この上部電極 2 と対向配置された下部電極 3 が配設されており、この下部電極 3 上には被処理基板 4 が載置される。また、上部電極 2 の上面

であってプラズマ処理容器 1 外にはガス供給系 5 が設けられている。また、プラズマ処理容器 1 の下部にはガス排気系 6 が設けられ、ガス供給系 5 から導入されエッチングに用いられたガスを排気することにより、プラズマ処理容器 1 内を一定の圧力に保持する。

【0021】一方、電極 2 及び 3 の間に電力を印加するための第 1 高周波電源 7 と第 2 高周波電源 8 は整合器 9 に接続されている。整合器 9 はそれぞれの高周波電源 7、8 から発生する高周波電力を合成すると同時に、プラズマのインピーダンス整合動作を行う。また第 1 高周波電源 7 は第 2 高周波電源 8 に出力信号を送り第 1 高周波電源 7 の高周波電力がマイナスのサイクルにあるときに、第 2 高周波電源 8 の高周波電力が同期するように変調を与える。

【0022】図 2 は第 1 高周波電源 7 及び第 2 高周波電源 8 の出力波形及び変調が加えられた出力波形を示す図である。図 2 (a) は第 1 高周波電源 7 の出力波形を、図 2 (b) は第 2 高周波電源 8 の出力波形を、図 2

(c) は下部電極 3 に印加される波形を示し、横軸は時間、縦軸は電圧である。図 2 (a) に示すように、第 1 高周波電源 7 の出力波形は入力電圧が正となる正サイクルと、入力電圧が負となる負サイクルが交互に繰り返される波形であり、その周波数は 100 kHz である。図 2 (b) に示すように、第 2 高周波電源 8 の出力波形は、一定時間入力電圧が 0 を保持した後、周波数 40.68 MHz の高周波が表れる。これら第 1 高周波電源 7 の電力と第 2 高周波電源 8 の電力を整合器 9 により合成すると、図 2 (c) に示すような出力波形となる。この出力波形は、第 1 高周波電源 7 の出力波形における負サイクルに、第 2 高周波電源 8 の高周波の波形が同期するように変調して生成される。

【0023】上記実施形態に係るプラズマ処理の動作を説明する。

【0024】まず、図示しない搬送機構により被処理基板 4 をプラズマ処理容器 1 内に搬送し、下部電極 3 上に載置する。この被処理基板 4 は基板上に酸化シリコン膜が形成され、さらにこの酸化シリコン膜の上に選択的にレジストが形成され、直径 0.15 μm の微細なホールパターンが形成されている。

【0025】そして、第 1 高周波電源 7 により図 2

(a) に示す出力波形信号を第 1 高周波電源 7 及び整合器 9 に出力する。また、第 2 高周波電源 8 により図 2

(b) に示す出力波形信号を整合器 9 に出力する。整合器 9 は第 1 高周波電源 7 と第 2 高周波電源 8 からの高周波電力を合成して図 2 (c) に示す出力波形を有する高周波電力を生成して下部電極 3 に印加するとともに、プラズマのインピーダンス整合動作を行う。なお、高周波電源 7 から印加する電力は 3000 W、高周波電源 8 から印加する電力は 300 W とする。

【0026】この下部電極 3 への高周波電力の印加とと

もにガス供給系5によりエッチングガスとしてC₄F₈ガス及びArガスをそれぞれ20sccm及び500sccm導入し、プラズマ処理容器1を図示しない圧力計により25mTorrに保持してプラズマを励起する。

【0027】このプラズマの励起により、上部電極2及び下部電極3間にはプラズマが生成され、正イオン、負イオン、電子及び中性活性種等が発生する。図2(c)に示す出力波形の高周波電力が下部電極3に印加されている場合、低周波の正のサイクルにおいては、下部電極3は正電位となり、電子のみならず負イオンも効率よくホール底まで供給される。この電子及び負イオンの被処理基板4への引き込みの際に、ホール底に十分な量の電子及び負イオンが到達する。一方、被処理基板4とプラズマとの間に形成されたシース領域により電子は減速され、レジストや酸化シリコン膜の上方に付着する。

【0028】次に、負のサイクルになると、正のイオンが被処理基板4に入射する。この被処理基板4への入射の際に、ホール底に到達した電子及び負イオンからの電荷に引き寄せられるように正のイオンが入射するため、垂直方向に効率よく正のイオンが到達する。従って、より垂直形状に高速エッチングすることが可能となる。

【0029】図3は本実施形態に示した条件により行った実験におけるホール寸法とエッチング深さの関係を示す図である。本実施形態での実験では、膜厚1μmのシリコン酸化膜上のフォトリソに、様々なホール寸法を有するパターンを形成した。また、比較のため、従来のプラズマ処理装置を用いて同様にエッチングを行った。縦軸はホール寸法、横軸はエッチング深さを表す。

【0030】図3に示すように、ホール寸法が1.0μmの場合には、従来例及び本実施形態ともにエッチング深さが1.0μmとなり、シリコン酸化膜底面までエッチングが進行したことが分かる。ホール寸法を小さくしていくと、従来例の場合、エッチング深さは急激に浅くなっていき、0.15μmのホール寸法においてはエッチングはほとんど進行せず、約0.1μm以上エッチングすることは不可能であった。これは、エッチングする時間を延長しても、エッチング深さは増加することはない。

【0031】これに対して本実施形態の場合は、ホール寸法が小さくなるにつれてエッチング深さは多少浅くなるが、ホール寸法を0.15μmとした場合でも、エッチング深さは0.7~0.8μm程度は保たれる。これより、垂直形状にエッチングが行われていることが分かる。

【0032】これは、第1高周波電源7の正のサイクルで、プラズマより適度の電流量とエネルギーの電子がホールの底に引き込まれ、また負のサイクルにてエッチングに適した種類のフロロカーボンのイオンや中性粒子がホール内に到達するものと考えられる。

【0033】(第2実施形態)図4は本発明の第2実施

形態に係るプラズマ処理における高周波電源の出力波形を示す図である。本実施形態で用いられるプラズマ処理装置は図1に示す第1実施形態のものと同様であるので説明は省略する。

【0034】図4は、下部電極3に印加される高周波電力の出力波形であり、第1高周波電源7により500マイクロ秒の期間マイナス50Vの電位を保持した後、50マイクロ秒の正のサイクルでプラス150Vの矩形波を作成する。図4においてマイナスの電位の期間及びプラスの期間をそれぞれAとBで示す。このAとBの期間の比、すなわちデューティ比を変更する点が第1実施形態と異なる。

【0035】第1高周波電源7がマイナスの期間中、第2高周波電源8は40.68MHzの高周波を出力する。このときの第2高周波電源8の出力は500Wとする。

【0036】その他プラズマ処理容器1に導入したガスの種類、圧力等は第1実施形態と同一の条件とする。

【0037】この条件によりエッチングを行った結果、0.15μmの微細なパターンの酸化シリコン膜のスルーホールを垂直形状にエッチングして形成することが可能となった。Aに示す期間は500マイクロ秒としたが、200マイクロ秒~10ミリ秒の間に変化させてもエッチング形状はほぼ変わらなかった。またAに示す期間は電位を-10Vから-500Vに変化させても同様に形状に変化はなかった。

【0038】一方、Bに示す期間は50マイクロ秒から500マイクロ秒の期間変化させてみたが、同様にエッチング形状に大きな差異はなかった。また、Bに示す期間の電位を50Vから200Vまで変化させてみたが、同様に大きな形状の変化はなかった。ここで、第2高周波電源8の周波数は3MHz以上110MHz以下で、望ましくは10MHz以上70MHz以下がよい。

【0039】また、図3に本実施形態に係るプラズマ処理方法を用いて行った実験におけるホール寸法とエッチング深さの関係を示す。図3に示すように、ホール寸法が小さくなるにつれ、エッチング深さは従来例と比較すると十分に確保されていることは第1実施形態と同様である。

【0040】さらに、第1実施形態の場合と比較してみても、エッチング深さはさらに深く確保され、異方性の高いエッチングが行われていることが分かる。これは、正サイクルと負サイクルのデューティ比を最適化したことにより、電子や負イオンのホール底への到達作用と、正イオンの引き込み作用の均衡がとれ、エッチングが効率的に行われたことによるものと考えられる。

【0041】このように本実施形態によれば、正サイクルと負サイクルのデューティ比を調整して高周波電力を下部電極3に印加することにより、エッチングの際の異方性をさらに高めることができる。

【0042】なお、上記第1、2実施形態で示した高周波電源の出力は、連続で運転したときの実効電力を示している。

【0043】本発明は上記実施形態に限定されるものではない。

【0044】第1高周波電源及び第2高周波電源ともに下部電極3に接続する場合を示したが、一方を上部電極に、他方を下部電極に接続する場合でも、双方を上部電極に接続する場合でも、本発明の効果を奏する。また、電源は2つに限定されず、3つ以上の電源を接続する場合であっても良い。また、上記実施形態に示した周波数、振幅等にも限定されない。また、プラズマ処理としてエッチングについて述べたがこれに限定されるわけではなく、プラズマCVD、プラズマクリーニング処理やプラズマダウストリーム処理等、あらゆるプラズマ処理に応用が可能である。また、印加される高周波電力の出力波形は矩形波のみならず、三角波、正弦波等でもよい。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、電極に印加する重畳周波数電力の低周波成分の出力波形は正サイクルと負サイクルを有し、この負サイクルに高周波成分を同期させることにより、被処理基板が載置された下部電極に低周波成分の正サイクルが印加されているタイミングが確保される。従って、効率よく電子が被処理基板に入射するとともに、プラズマ中に生成される負

イオンも同時に被処理基板に入射する。従って、プラズマ処理における異方性を高くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係るプラズマ処理装置の構成を示す模式図。

【図2】同実施形態に係る高周波電源の出力波形を示す図。

【図3】同実施形態に係るプラズマ処理を用いて行った実験におけるホール寸法とエッチング深さの関係を示す図。

【図4】本発明の第2実施形態に係るプラズマ処理に用いられる高周波電源の出力波形を示す図。

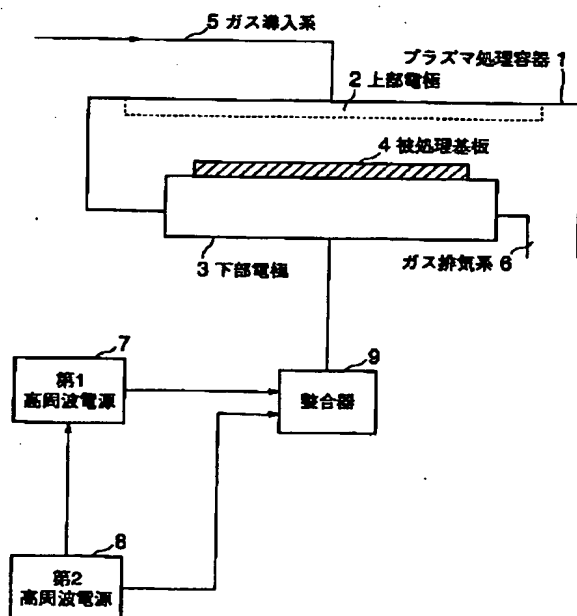
【図5】従来のプラズマ処理装置の構成を示す模式図。

【図6】従来のプラズマ処理の問題点を説明するための図。

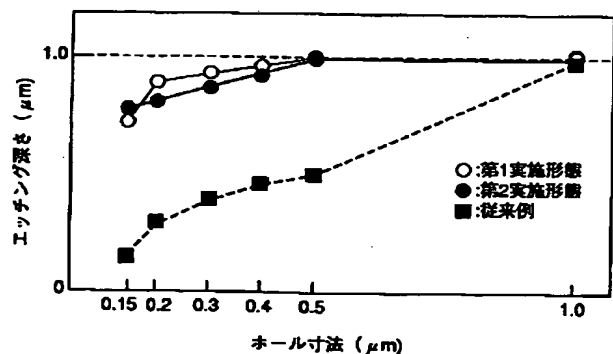
【符号の説明】

- 1…プラズマ処理容器
- 2…上部電極
- 3…下部電極
- 4…被処理基板
- 5…ガス導入系
- 6…ガス排気系
- 7…第1高周波電源
- 8…第2高周波電源
- 9…整合回路

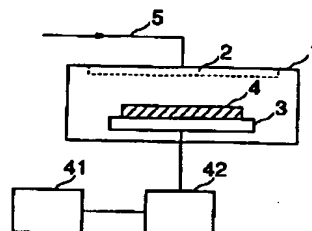
【図1】



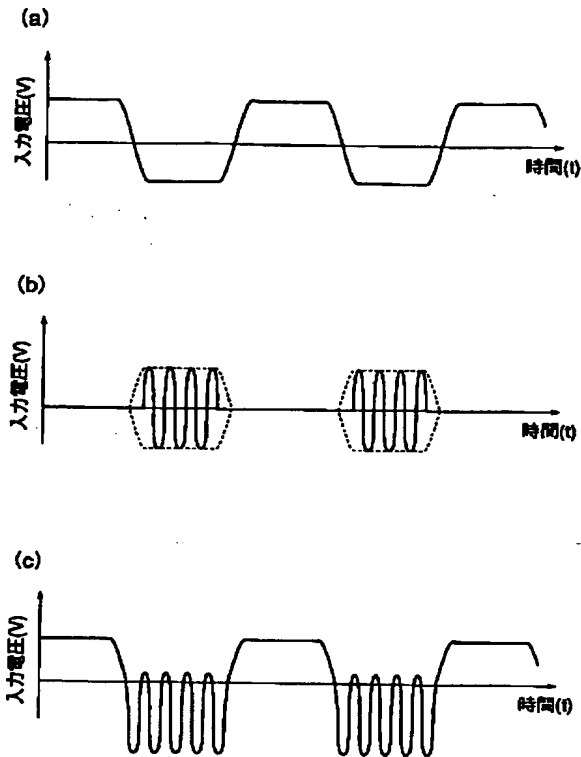
【図3】



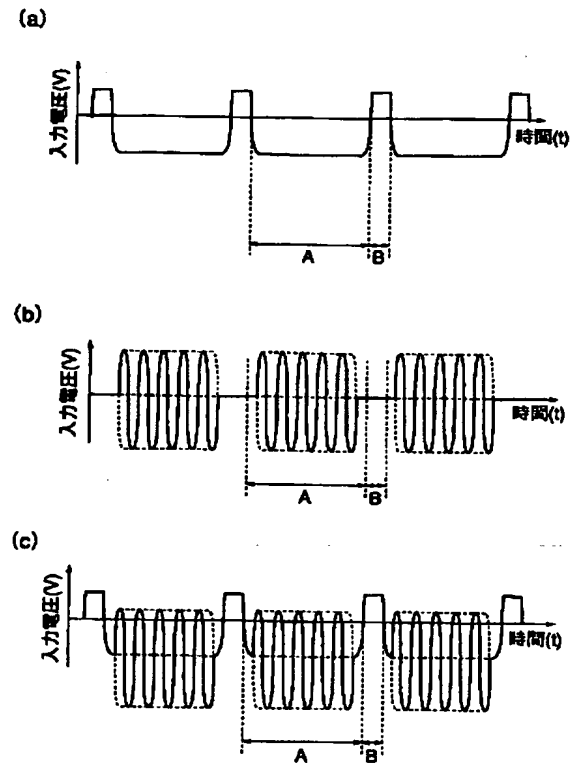
【図5】



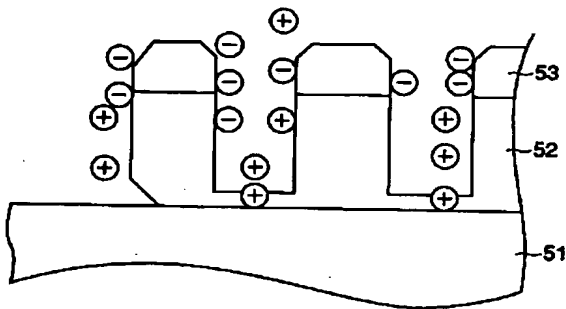
【図 2】



【図 4】



【図 6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷
H05H 1/46

識別記号

F I
H05H 1/46

テーマコード (参考)

M

F ターム(参考) 4K030 DA04 FA03 JA18 KA49
4K057 DA12 DB20 DD03 DD08 DE06
DE14 DM01 DM02 DM08 DM16
DM17 DM18 DM20 DM31 DM33
DN01
5F004 BA04 BA09 BB11 BB18 BB28
CA09 DA00 DA23 DB03 EB01
5F045 AA08 AA19 DP01 DP02 DP03
EF05 EH13 EH14 EH19 EH20